

Phytophthora-sjukdomar i jordgubbsodling

Phytophthora diseases in strawberry cultures

Zhanna Hjelt



Phytophthora-sjukdomar i jordgubbsodling

Phytophthora diseases in strawberry cultures

Zhanna Hjelt

Handledare: Sammar Khalil Sveriges Lantbruksuniversitetet,
Institution för biosystem och teknologi

Examinator: Lars Mogren Sveriges Lantbruksuniversitet,
Institution för biosystem och teknologi

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Kandidatarbete i biologi

Kurskod: EX 0493

Program/utbildning: Trädgårdsingenjör-odling

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2016

Omslagsbild: Paula Lilja

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Phytophthora, jordgubbar, rödröta, kronröta, bekämpning

Sveriges lantbruksuniversitet

Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap
Institution för biosystem och teknologi

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	2
Summary.....	2
1.Introduktion.....	3
1.1. Jordgubbsodling i världen.....	3
1.2. Jordgubbsodling i Sverige.....	3
1.3. Vanliga rotsjukdomar i jordgubbsodling.....	4
2. Syfte och frågeställning.....	4
3.Material och metod.....	4
4.Resultat.....	5
4.1. Allmänt om släktet <i>Phytophthora</i>	5
4.2. <i>Phytophthora fragariae</i> Hickman var. <i>fragariae</i>	6
4.3. <i>P.fragariae</i> Hickman var. <i>fragariae</i> morfologi och biologiska egenskaper.....	7
4.4. Rödröta på rötter.....	9
4.5. <i>Phytophthora cactorum</i> (Lebner and Cohn) Schröt.....	11
4.6. <i>P.cactorum</i> morfologi och biologiska egenskaper.....	11
4.7. Kronröta.....	13
4.8. Diagnosmetoder och identifiering av <i>Phytophthora</i> -patogener.....	14
4.8.1. PCR-metod	15
4.9. Bekämpning.....	15
4.9.1. Förebyggande och kulturella åtgärder.....	15
4.9.2. Kemisk bekämpning.....	16
4.9.3. Resistenta jordgubbssorter.....	17
4.9.4. Biologisk bekämpning.....	17
5.Diskussion.....	18
6.Slutsatser.....	21
7.Referenser.....	21

Sammanfattning

Det finns ett stort behov idag för att minska patogenangrepp i jordgubbsodlingar globalt. Jordgubbar, *Fragaria x ananassa*, har ett stort antal skadliga organismer som orsakar sjukdomar och leder till betydande skördeförluster. Patogener av släktet *Phytophthora* är av stort intresse. *Phytophthora fragariae* Hickman var. *fragariae* och *Phytophthora cactorum* anses vara de mest skadliga i släktet. De bildar speciella vilosporer, oosporer, som gör patogenerna svårtbekämpade. Oosporer kan överleva i jorden under en lång tid utan växt värd. Vid lämpliga förhållanden gro oosporer och utvecklar sporangier med zoosporer som smittar plantor och orsakar de två sjukdomarna rödröta (*P. fragariae*) och kronröta (*P. cactorum*). Många försök har gjorts för att hitta ett effektivt sätt att bekämpa patogenerna och det har visat sig att endast en kombination av förebyggande och kulturella åtgärder samt kemisk bekämpning kan förhindra infektionsspridning och reducera patogenangreppen. Det pågår arbete för att med hjälp av växtförädling ta fram resistent sorter av *Fragaria x ananassa* mot rödröta och kronröta, samt testa biologiska medel som kan vara effektiva mot patogenangrepp. Detta har stor betydelse för att kunna minska användningen av kemiska bekämpningsmedel som patogenerna kan utveckla resistens mot samt är skadliga för miljön. Rekommendationerna efter den genomförda litteraturstudien är: Det finns inte en metod eller ett biologiskt eller kemiskt bekämpningsmedel som kan lösa *Phytophthora*-problematiken vid jordgubbsodling. Istället krävs en kombination av resistent sorter som odlas med förebyggande metoder och där riktad bekämpning endast används i nödfall.

Summary

There is a great need today globally to reduce pathogenic organisms in the strawberry cultivations. Strawberry, *Fragaria x ananassa*, as well as other crops have a large number of the harmful organisms that cause diseases and lead to significant crop losses. Of special interest are pathogens belonging to the genus *Phytophthora*. *P. fragariae* Hickman var. *fragariae* and *P. cactorum* are considered the most deleterious in this genus.

They form special spores, and oospores, that make pathogens difficult to control. Oospores can survive for a long time in the soil without host plants. In appropriate circumstances oospores germinate and develop sporangium with zoospores that infect plants and cause diseases red core (*P. fragariae*) and crown rot (*P. cactorum*). Many attempts have been made to find an effective way to combat pathogens and it has been shown that only a combination of preventive and cultural measures and chemical control can prevent the spread of infections and reduce pathogenic attack. These actions include prevention, cultural practices and chemical control. There is also work to get resistant varieties *Fragaria x ananassa* against red core and crown rot, as well as to test biological control agents that might be effective against pathogen attack. This has a significant impact on reducing the use of chemical agents that pathogens can develop resistance against and that are harmful for the environment. Recommendations based on literature studies are: There is not a method or a biological or chemical pesticides that can solve the *Phytophthora* problem on strawberry cultures. Instead, a combination of resistant varieties need to be grown with prevention methods and where targeted control is used only an emergency.

1. Introduktion

1.1. Jordgubbsodling i världen

Jordgubbar hör till familjen Rosaceae, släktet *Fragaria* och det finns olika åsikter om antalet arter som ingår i släktet. Forskaren och växtförädlaren Darrow (1966) har nämnt 11 arter. Andra källor pratar om över 20 olika arter (Strawberry Varieties, 2016).

Jordgubbar började odlas i slutet av 1800-talet i Frankrike. Bären är en korsning mellan vildväxande amerikanska arter *Fragaria chiloensis* och *Fragaria virginiana*, som senare korsades med arten *Fragaria moschata* (Darrow, 1966). Alla kommersiellt odlade sorter tillhör arten *Fragaria x ananassa*.

Idag är jordgubbar mycket populära över hela världen. Jordgubbsodling har en ekonomisk lönsamhet. Bären odlas i industriell skala över hela världen: Asien, Europa, Australien, Nord- och Sydamerika. Enligt FAOSTATs statistik (2015) är de största jordgubbsproducenterna för år 2013 länderna Kina, USA, Mexiko, Turkiet och Spanien (The Top 5 Strawberry Producing Countries, 2016).

1.2. Jordgubbsodling i Sverige

I Sverige är jordgubbar den dominerande bär-kulturen. Dess odlingsområde har stor utbredning i landet och de största jordgubbsarealerna ligger i södra Sverige: Skåne, Kalmar och Blekinge län (Persson, 2013). Jordgubbar odlas på friland och en mindre del odlas i växthus. I odlingen använder man både konventionella och ekologiska odlingsmetoder. Ekologisk jordgubbsproduktion, som mest sker i växthus, är inte stor. I Jordbruksverkets statistiska meddelande, *Trädgårdsproduktion 2014*, framgick att jordgubbar på friland i Sverige odlades av 345 företag på 2399 ha och skörden var 15752 ton. I växthus var odlingens areal 43457 m² och skörd 266 ton. Produktionen i växthus drevs bara av 18 företag (Trädgårdsproduktion, 2014).

1.3. Vanliga rotsjukdomar i jordgubbsodling

Odling av jordgubbar i stora volymer kan leda till svampangrepp. Patogener kan skada rotsystemet men visuella diagnoser av sådana svampinfektioner är svåra och kan förväxlas med symptom orsakade av abiotiska faktorer (Carlson-Nilsson & Nilsson, 2004). Dessa patogener hör till släkten *Armillaria*, *Colletotrihum*, *Fusarium*, *Phytium* och *Phytophthora* (Sesan, 2006) och en hög skadlighet orsakas av släktet *Phytophthora*. Det leder till betydlig minskning av jordgubbsskörden (Carlson-Nilsson & Nilsson, 2004).

2. Syfte och frågeställning

Syfte med arbetet är att genom en litteraturstudie visa relevansen och betydelsen av patogener tillhörande svampsläktet *Phytophthora* som orsakar allvarliga sjukdomar på jordgubbsplantor.

Följande frågeställningar ska besvaras:

1. Vad är *Phytophthora*-svampar?
2. Vilka typer av *Phytophthora* svampar är mest kända som patogener i jordgubbsodling?
3. Hur uppstår infektionerna?
4. När uppträder symptom?
5. Hur diagnostiseras patogenangrepp?
6. Hur reduceras angrepp av *Phytophthora*-svampar?

3. Material och metod

För närvarande är släktet *Phytophthora* och dess sjukdomsangrepp i jordgubbsodlingar väl studerat och beskrivet av många författare. Till grund för arbetet ligger olika vetenskapliga artiklar och böcker. Använda källor finns med i referenslistan. Litteratursökningarna omfattar perioden från 1940-talet fram till idag och har gjorts med hjälp av databaserna Web of Science, Science Direct, Google Scholar, The DeepDyveTeam (deepdyve.com), och IOS applikationerna BrowZine och Any Connect Secure Mobility Client.

Sökord: *Fragaria x ananassa*, jordgubbsodling, jordgubbssjukdomar, *Phytophthora*, *Phytophthora fragariae* Hickman var. *fragariae*, *Phytophthora cactorum*, red core, red stele, rötröta, kronröta.

4. Resultat

4.1. Allmänt om släktet *Phytophthora*

Släktet *Phytophthora* ingår i klassen Oomycetes, som tidigare hörde till riket Fungi (Erwin & Ribeiro, 1996; Roy & Grünwald, 2014). Utveckling av mikroskopiska tekniker och biokemi har lett till en ökad kunskap om oomyceterna, deras uppbyggnad och egenskaper. År 1981 föreslog T.Cavalier-Smit att överföra oomyceter till riket Chromista och därför fick släktet *Phytophthora* en taxonomisk position i riket Chromista (Erwin & Ribeiro, 1996; Rossman & Palm, 2006). Arter av *Phytophthora* liksom andra oomyceter betraktas inte som riktiga svampar på grund av sina egenskaper, såsom bildandet av zoosporer med två flageller, generativa sporer, oosporer, cellväggar av cellulosa och DNA-struktur. (Erwin & Ribeiro, 1996; Rossman & Palm, 2006). Samtidigt noterar Erwin och Ribeiro (1996) att *Phytophthora*-arter fortfarande hänvisas till svampsläktet på grund av deras fysiologiska och morfologiska likheter med svampar; fint förgrenade hyfer som bildar mycel, sporulering och näringsupptag (Erwin & Ribeiro, 1996). Duncan (2002) har noterat att släktet innefattar 60 arter (Duncan, 2002). I dagsläget räknar man med över 100 arter och nya arter identifieras kontinuerligt (Kroon et al., 2012; Roy and Grünwald, 2014).

Phytophthora-arter representeras av ett stort antal sjukdomsalstrande organismer som orsakar skador på jordbruksgrödor och prydnadsväxter (Zentmyer, 1983; Rossman & Palm, 2006). De är utbredda över hela världen och påträffas i alla klimatzoner, från tempererade till tropiska (Erwin et al., 1963; Blair et al., 2007; Kroon et al., 2012). Detta har resulterat i en stor skillnad i deras livscykel, morfologi, patogenicitet och antal växtvärdar som kan ha en ganska stor variation inom släktet (Erwin & Ribeiro, 1996). Det finns arter som är starkt kopplade till en enda växt, ett släkte eller en växtfamilj; *P.infestans* angriper växter familjen Solanaceae, *P.porri* – familjen Allium. Men många *Phytophthora* arter har ett brett antal växtvärdar från olika växtfamiljer – *P.cinnamomi*, *P.megasperma*, *P.cactorum* och *P.ramorum* (Brasier & Hansen, 1992; Blair et al., 2007; Roy & Grünwald, 2014).

Phytophthora-släktets överlevnadssätt leder till stor utbredning. Under ogynnsamma förhållanden kan patogenerna finnas kvar i jorden i form av tjockväggiga asexuella chlamydosporer eller sexuellt förökade oosporer (Hickman, 1940; Newton et al., 2010; Kroon et al., 2012). De kan spridas främst genom förflyttning av infekterat plantmaterial, jord och markvatten. Smittämnet är de asexuellt bildande zoosporerna i sporangierna som sprids i fuktiga miljöer. (Erwin & Ribeiro, 1996; Kroon et al., 2012).

Jordgubbsplantor utsätts för angrepp av följande jordburna *Phytophthora*-arter: *P.cactorum*, *P.citricola*, *P. fragariae*, *P.parasitica* och *P.nicotianae*. De oftast förekommande arterna i jordgubbsodlingar som har global spridning och orsakar stora problem och skördeförluster är *P.cactorum* och *P. fragariae* Hickman var. *fragariae* (Winterbottom et al., 1998; Duncan, 2002; Sesan, 2006).

4.2. *Phytophthora fragariae* Hickman var. *fragariae*

I staden Lanarkshire i Skottland noterades och uppmärksammades under 1920-talet en sjukdom på jordgubbsplantrötter som beskrevs som Lanarkshiresjukdomen. Patogenen bakom sjukdomen visade sig orsaka mest skador på jordgubbsplantor som hade vissnat i stora mängder. Plantornas rotmärg färgades röd när de var angripna. Det föreslogs att sjukdomen orsakades av en okänd art i släktet *Phytophthora* eftersom i de infekterade rötterna hos de vissna jordgubbsplantorna hittades oosporer och sporangier liknande släktet *Phytophthora* (Bain & Demaree, 1945). Patogenangreppet fick namnet "red core" sjukdom. År 1938 i England isolerade C. J. Hickman patogenen från en infekterade "red core"-jordgubbsplanta och år 1940 beskrev han en ny art *Phytophthora fragariae* (Hickman, 1940).

På 1990-talet var *Phytophthora fragariae* Hickman uppdelad i två varieteter som hade skillnader i morfologi och i deras patogenicitet: *Phytophthora fragariae* Hickman var. *fragariae* som orsakar "red core" eller rödröta på jordgubbar och *Phytophthora fragariae* Hickman var. *rubi* som orsakar "root rot", rotröta på hallon (Wilcox et al., 1993; Olsson, 1996; van de Weg, 1997).

Phytophthora fragariae kan spridas med latent infektion i plantmaterialet. Det kan vara så som

patogenen har spridit sig till Sverige (Duncan, 1990). Gränsbo (1984) har visat att *P. fragariae* var. *fragariae* kom till Sverige under perioden 1979-1980 med den importerade jordgubbssorten Dulcita. Detta blev möjligt på grund av godkända lokala utländska certifikat. Rödröta, sjukdomen som orsakas av *P. fragariae* var. *fragariae* blev spridd från plantskolor till kommersiella odlingar (Gränsbo, 1984).

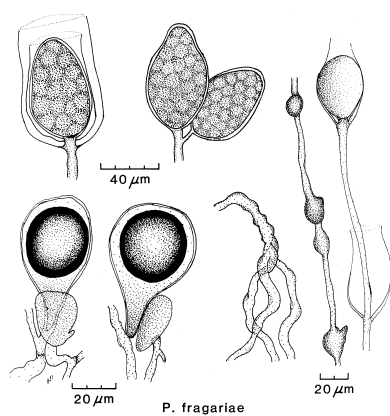
Genom de fytosanitära åtgärder som har genomförts, nämligen verksamhetsbegränsning, plantcertifiering, inrättande av buffertzoner runt förorenade områden, information och övervakningar har förekomsten av patogenerna begränsats i Sverige och grannländerna Norge och Finland (Gränsbo, 1984; Stensvand och Herrero, 1997).

Europeiska ländernas växtskyddsorganisationen, EPPO, har listat *Phytophthora fragariae* som en sjukdomsalstrande karantän organism (EPPO A 2 List of pests, 2015).

För närvarande har patogenen en bred geografisk spridning i Europa, Asien, Nord- och Sydamerika och Australien (EPPO Standards, 2015; EFSA Panel on Plant Health, 2014).

4.3. *Phytophthora fragariae* Hickman var. *fragariae* morfologi och biologiska egenskaper

Morfologisk struktur av *P. fragariae* kan karakteriseras av mycel, sporangier med zoosporer och oosporer (figur 1).



Figur 1. *Phytophthora fragariae* zoosporer, mycel och oosporer (ritning A. Vaziri)
www.phytophthoradb.org

Oosporer, patogenernas vilosporer, som kan finnas i jorden, gror vid lämpliga förhållanden, vanligtvis på våren efter en kortare vintertids viloperiod, bildar groddslang och utvecklar sporangier med zoosporer. Oosporernas grobarhet kan gå snabbare vid temperaturer på 15-20 grader C (Duncan, 1985). I sitt försök har Duncan (1985) visat att endast relativt höga marktemperaturer, på 30 grader C eller mycket låga pH-nivåer, påverkar oosporernas överlevnad i viloperioden. Alla sådana parametrar som inte kan finnas i fältet (Duncan, 1985). Det visar sig att oosporer kan överleva under långa perioder i marken och kommer att gro när temperatur och jordfuktighet blir lämpliga. I olika källor skiljer sig siffror om viloperiodens längd, från 10-12 till 15 år. (van de Weg, 1997; Sundheim et al., 2010; Newton et al., 2010).

Zoosporer har två flageller och kan simma i markvatten en kortare tid. De attraheras av plantornas rötter och encystrar (zoosporerna förlorar sina flageller och fastnar vid rötternas yta). Efter encystrering gror sporangier med groddslang in i floemet. Där börjar vitt och tunt mycel växa som sprider sig inne i floemet och upptill plantornas krona (Bain & Demaree, 1945; Law & Milholland, 1991).

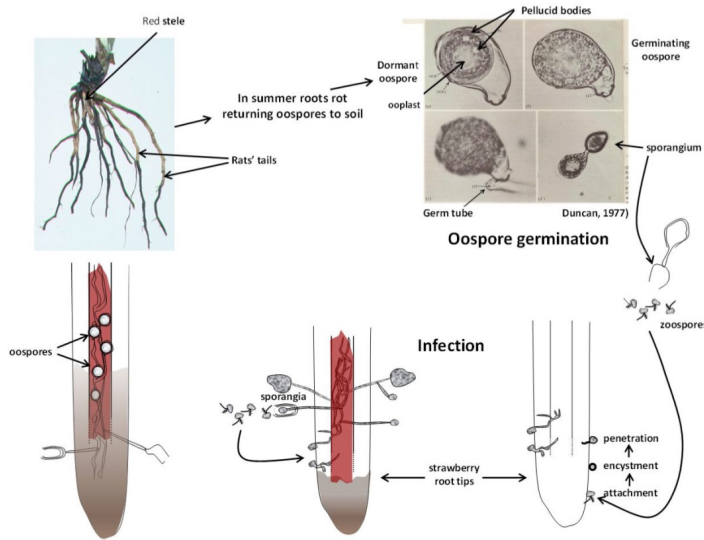
Mycel producerar citronformade sporangier med 40-50 zoosporer i varje. De växer på hyfer som sticker ut ur rotmärgen huvudsakligen på våren eller senare på hösten och koncentreras runt rotspetsarna (Law & Milholland, 1991). Sporangietillväxten på rotspetsarna är störst vid temperaturer på 14-22 grader C och pH-värde mellan 6,0-7,2 (Bain & Demaree, 1945).

Hickman (1940) har i sina försök visat att optimal temperatur för sporangieutveckling är 20 grader. Sporangier och zoosporer dör vid 30 grader C och det finns ingen tillväxt vid 4 grader C (Hickman, 1940).

Vid temperaturer under 10 grader C växer sporangierna med zoosporerna långsamt och koncentreras vid jordgubbsplantornas rotsystem, vilket förklarar varför sjukdomen är allvarligare efter en våt vinter. Newton et al. (2010) kommenterar ett experiment år 1949 där sjukdomsförlopp på sommaren beror på antalet dagar med regn från 2 oktober till 31 mars (Newton et al., 2010).

Vegetativ förökning av *P. fragariae* med zoosporer kompletteras med sexuell förökning med utveckling av tjockväggiga oosporer, som bildas i rötternas kärnvävnader. Antalet oosporer når en topp inom 12 dagar efter infektion (Law & Milholland, 1991). Med tiden ruttnar rotsystemet,

jordgubbsplantan dör medan oosporerna stannar kvar i jorden (Hickman, 1940; Erwin & Ribeiro, 1996) (Figur 2).



Figur 2. Livscykel av *Phytophthora fragariae* Hickman var. *fragariae*. http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/scientific_output/files/main_documents/3539.pdf#page11

P. fragariae är en specialist som angriper arter i familjen Rosaceae, släktet *Fragaria*, nämligen *Fragaria x ananassa*, och i släktet *Rubus*, loganbär, *Rubus longanobaccus*. Specialiseringen har lett till att växtpatogenen har förlorat sin förmåga att konkurrera med jordlevande saprofytiska mikroorganismer. Produktion av oosporer är ett sätt för patogenen att överleva i jorden utan värdväxter (Erwin & Ribeiro, 1996; Malajczuk, N., 1983).

4.4. Rödröta på rötter

Rödröta på jordgubbsplantorna orsakas av rotpatogenen *Phytophthora fragariae* Hickman var. *fragariae*. De viktigaste sjukdomsfaktorerna är dess polycykliska karaktär och bildandet av oosporer, som har lång vitalitet (Erwin & Ribeiro, 1996). *Phytophthora* är särskilt skadliga i regioner med svala fuktiga klimat eller i perioder med låga temperaturer och ökad nederbörd speciellt på tyngre jordar (Sundheim et al., 2010; Pettersson & Åkesson, 2011).

Sjukdomen utvecklas långsamt, dess förlopp börjar på hösten då de första symptomen upptäcks på jordgubbsrötterna men inga ändringar sker på ovanjordiska organ. Kommande vår eller försommar får ovanjordiska plantdelar tydligare tecken på angrepp och ett resultat blir skada på rötterna under vinterperiod (Newton et al., 2010). Temperaturer över 29 grader C och jorduttorkning avbryter sjukdomsutvecklingen, men på hösten återkommer rödrötan (Sundheim et al., 2010).

Från början kan sjukdomen konstateras på flera drabbade plantor, sedan sprider sig angreppet i fältet. Med snabb sjukdomsutveckling kan plantorna plötsligt vissna och torka ut. Symptomen på ovanjordiska delar framträder först i stressade jordgubbsplantor som växer på tyngre jordar, på lågliggande fältdelar med dålig dränering (Hickman, 1940).

Vanligtvis sker en långsammare sjukdomsutveckling, då upphör jordgubbsplantor att växa, de äldre yttre bladen får röda eller gula partier, vissnar och torkar ut i förtid, nya blad blir små, blågrönfärgade på korta bladskaft. Plantorna utvecklar inga utlöpare, blomningen stannar och blomställningar torkar ut. Det måste noteras att ovanjordiska symptomen kan ha varierande komplexitet beroende på patogenomfattning på rötterna (Bain & Demaree, 1945; Erwin & Ribeiro, 1996).

På rötterna angriper *Phytophthora* rotspetsarna som snabbt dör, sidorötterna ruttnar och plantans huvudrötter blir kala. Detta syndrom kallas för "råttsvans". Om man skär rötterna på längden, framträder rödfärgad rotmärg (Bain & Demaree, 1945). Därav kom de engelska namnen red core och amerikanska namnet red stele (figur 3).



Figur 3. Symptom av rödröta-rödfärgning på rotmärg.
<http://utahpests.usu.edu/IPM/html/advisories/small-fruit-and-vegetable-advisory/articleID=8696>

4.5. *Phytophthora cactorum* (Lebert and Cohn) Schröt

Arten beskrevs första gången av forskarna Lebert och Cohn år 1871 som upptäckte patogenen på rotsystemet hos en rutten kaktus och fick då sitt namn *Peronospora cactorum*. År 1876 föreslog de Bary ett nytt släkte, *Phytophthora* och förde *Peronospora cactorum* till släktet under namnet *Phytophthora omnivora*. Forskaren J.Schroeter ändrade 1886 namnet ytterligare en gång och återställde det ursprungliga artepitetet *cactorum* som blivit kvar tills idag – *Phytophthora cactorum* (Blackwell, 1942).

Till skillnad från *Phytophthora fragariae* Hickman var. *fragariae* är *P.cactorum* en generalistpatogen som angriper många växtarter av olika växtfamiljer och växternas olika organ, men mest skada gör den på rötter och rhizom. Därmed varierar symptomen kraftigt beroende på växtmaterial som smittas (Duncan, 2002).

En del forskare föreslår att det finns två särskilda former av *P. cactorum*. En patogen form som angriper plantornas ovanjordiska organ medan den andra formen angriper rotsystem och underjordiska organ (Duncan, 2002). På jordgubbsplantor orsakar *P.cactorum* sjukdomar som läderröta och kronröta (Winter, & Mandric, 2013). Sjukdomen kronröta uppkom först i Tyskland på 1950-talet. Sedan rapporterades den från USA och många länder i Europa. Idag har den ett brett spridningsområde (Duncan, 2002).

4.6. *Phytophthora cactorum* morfologi och biologiska egenskaper

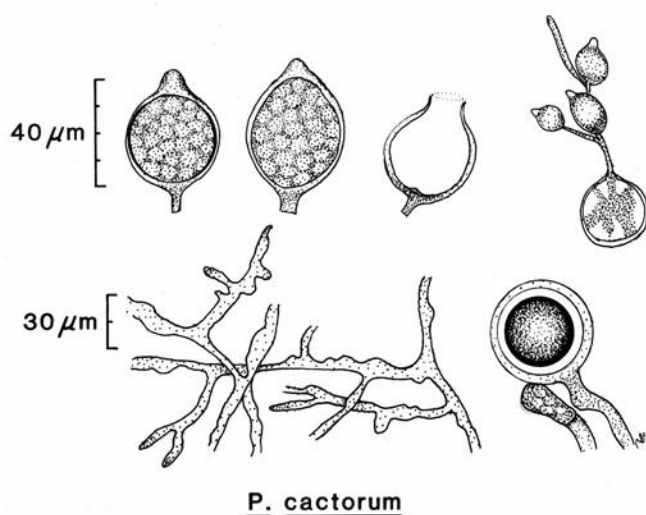
P.cactorum utvecklar mycel, sporangier med zoosporer och oosporer (figur 4). I sällsynta fall kan det bildas chlamydosporer. Utseendet på mycelet kan variera beroende på omgivningen där det växer; mycelet kan vara glest eller tvärtom, kompakt. Vid gynnsamma förhållanden kan det växa snabbt och rikligt och det kan finnas i månader i ytermiljön vilande vid temperatur 0 grader. Vid rätt tidpunkt kan det aktiveras och börja producera hyfer med sporangier (Ribeiro, 1983). Med temperaturökning och hög vattenhalt lyseras mycel. Hyfer dör efter 45 dagar i våt mark vid temperatur 4 grader C och bara 3 dagar vid temperatur 29 grader C (Sneh & McIntosh, 1973). Detta påvisar att *P.cactorum* i form av mycel inte blir långlivat och mycelet kan inte betraktas som ett

effektivt infekterande medel. Nytt mycel initieras av oosporer, chlamydosporer eller zoosporer vid temperatur mellan 14 och 24 grader C (Blackwell, 1942; Sneh & McIntosh, 1973).

Zoosporer är päronformade, rörliga med två flageller och bildas i ovalformade sporangier. Sporangier börjar växa på sporangieförare i mycelet vid en temperatur över 10 grader C men optimala temperaturer är mellan 15 och 29 grader C i fuktig jord. De har kort tid att infektera växten och betraktas som snabbt verkande smittkälla (Sneh & McIntosh, 1973).

Oosporer utvecklas inom kortare tid i växtvävnader efter att de blev infekterade av patogenen i fuktig jord vid 10 grader C, och de kan ligga vilande i jorden i flera månader. Blackwell (1942) skriver att oosporer måste mogna i jorden i en månad vid hög markfuktighet och temperaturer på 10-15 grader C och ytterligare en viloperiod för 1-8 månader. Vanligtvis groor oosporer efter en vintertiloperiod och en ny mycel-individ utvecklas. Optimal temperatur för oosporer att gro är 16-24 grader C (Blackwell, 1942; Sneh & McIntosh, 1973; Ribeiro, 1983).

Chlamydosporer bildas i stort antal vegetativt när mycel lyserar i separata celler vid ogynnsamma förhållanden i ytermiljön och brist på näring. De har liksom oosporer tjocka väggar och kan ligga i jorden en längre tid (Blackwell, 1942).



Figur 4. *Phytophthora cactorum* morfologi: sporangier med zoosporer, sporangier på sporangieförare, mycel och oospor.(Ritning av A.Vaziri).
http://www.phytophthoradb.org/file/html_fppd/phytophthora/cactorum/Figure_1.htm

4.7. Kronröta

År 1988 konstaterades *Phytophthora cactorum* i jordgubbsodlingar i Sverige (Jensen, 1992).

De ovanjordiska sjukdomssymptomen påminner om rödrötans. Man kan se första tecknen på våren, vid temperaturökning. Då börjar de yngre bladen vissna, först färgas de i blågrönt, får bruna nekroser på bladkanterna och vid ledningssträngarna, med tydlig avgränsning mellan skadad och frisk vävnad. På grund av försämrat vattenupptag får blom- och bärklasarna brunfärgade nekroser, torkar in och hela plantan kollapsar och dör (Figur 5). Patogenen angriper jordgubbskronan, vanligtvis genom sår, där det utvecklas en mörkröd- eller brunfärgad röta som kan visa sig vid basen, i mitten eller övre delarna av kronan. Rotsystemet får nekroser, missfärgningar och antalet sidorötter minskar (Jensen, 1992; Duncan, 2002; Louws & Ridge, 2016).



Figur 5. Kronröta orsakas av *Phytophthora cactorum*. <http://pnwhandbooks.org/plantdisease/strawberry-fragaria-spp-crown-rot>

Eftersom *P. cactorum* kräver långvarig markfuktighet och höga temperaturer på 17-25 grader C, kan symptom och efterföljande kollaps och plantdöd uppstå inom en månad efter början på säsongen, särskilt vid blom- och bärutveckling. Ytterligare sjukdom kan inträffa nästa vår på höstplanterade material (Louws & Ridge, 2016; Sneh & McIntosh, 1973).

Frigoplantor är extremt känsliga för kronröten. Sjukdomsgrad kan påverkas av planteringstidpunkten och miljöförhållanden. Vått och varmt väder gynnar infektionsutveckling. Ofta märks det i lågliggande områden på fältet med dålig dränering (Louws & Ridge, 2016).

Tabell 1. Symptomjämförelse mellan rödröta och kronröta sjukdomar baserade på Hickman (1940) Blackwell (1942), Bain & Demaree (1945), Sneh & McIntosh (1973), Duncan (2002) och Petersson & Åkersson (2011) (sammanställt av Z.Hjelt).

	Phytophthora fragariae var.fragariae rödröta	Phytophthora cactorum kronröta
Blad	Nya blad är små, dvärgvuxna, äldre underliggande blad torkar in och dör	Underliggande äldre blad torkar in, efter hand vissnar alla blad och busken kollapsar och plantan dör
Bladskäft	Förkortas och torkas in	Brunfärgade nekroser
Blomstjälkar	Bildas inte eller torkas in	Bruna fläckar på blomstjälkar
Krona	Rödfärgad	Brunaktiga fläckar övergår till nekroser Kronan ruttnar
Ledningsvävnadssystem	Rödfärgad, avgränsat	Brunaktig, med eller utan avgränsning
Rotsystem	Syndrom "råttsvans", ruttnar och dör	Nekroser på huvudrötterna
Utlöpare	Bildas inte	Dålig utveckling, med nekroser

4.8. Diagnosmetoder och identifiering av *Phytophthora*-patogener

Det enklaste sättet att identifiera en växtpatogen är undersökning och kontroll i fältet. Problemet är att visuella skador kan likna varandra men kan induceras av olika faktorer, biotiska eller abiotiska, dessutom manifesteras inte alla sjukdomar omedelbart efter infektionen. Tidigt sjukdomsförlopp och latent infektioner är svåra att upptäcka och kräver tydligare metoder (Duncan, 2002).

En standard för att fastställa en växtpatogen som *Phytophthora*, är att isolera den i ren kultur och göra mikroskopering. Men det finns vissa svårigheter. Processen är tidskrävande, eftersom det är nödvändigt att vänta på sporbildning, som tar ungefär en vecka. Det krävs också en specialkompetens för att kunna identifiera och diagnostisera patogenerna (Browne & Bhat, 2011). Alla patogener kan inte isoleras i ren kultur och många kräver levande växtdelar eller en komplex organism som förekommer i deras naturliga miljö (Pettitt & Pegg, 1991).

Sjukdomar som orsakas av *Phytophthora*-arter är svåra att upptäcka då de tidiga symptomen är ospecifika (Pscheidt & Ocamb, 2016).

4.8.1. PCR-metod

PCR-analys (polymeraskedjereaktion-analys), är en modern metod som baseras på DNA-diagnostiska teknologier och används för att upptäcka patogener som orsakar växtsjukdomar. Till en liten mängd biologiskt material som innehåller patogenens DNA-fragment tillsätts enzymer som binder till DNA:t och syntetiserar dess kopior. DNA-kopieringen pågår i flera steg i form av en kedjereaktion. Efter flera steg kopieras DNA-fragmentet till flera hundra kopior. Den mängden av DNA:t kan lätt analyseras och jämföras med data som finns i en databas, för *Phytophthora* i PhytophthoraDatabase eller i World *Phytophthora* Genetic Resources Collection (Blair et al., 2007). PCR-baserad detektion kräver i allmänhet 2-3 dagar och gör det möjligt att bestämma inte bara släkt- utan också arttillhörighet av *Phytophthora* (Bruns et al., 1991; Bhat & Browne, 2010). Den konventionella PCR-analysen har utvecklats till Realtids-PCR, som innebär att PCR-resultaten kan registreras under reaktionen vid varje given tidpunkt. I Realtids-PCR används speciellt fluorescerande ljus för att registrera patogenens DNA. Efter ackumulering av PCR-produkten blir den fluorescerande ljussignalen starkare och till slut nås en högsta punkt. Processen registreras och visas som en amplifieringskurva (Aronsson, 2010).

4.9. Bekämpning

4.9.1. Förebyggande och kulturella åtgärder

Båda, *P. fragariae* och *P. cactorum*, är svåra att utrota i fältet. Smittan kvarstår under lång tid i form av vilosporer som är mycket resistent mot olika kemiska och biologiska medel (Sundheim et al., 2010; Newton et al., 2010). Patogenerna som är jordburna och angriper rotsystem (*P. fragariae*) och krona (*P. cactorum*), sprids huvudsakligen med infekterat plantmaterial. Då blir användningen av karantänsregler en mycket viktig åtgärd mot patogenernas spridning (Sundheim et al., 2010). Enligt EUs regler accepteras ingen förekomst av *P. fragariae* i jordgubbsplantmaterialet och maximalt 0,5 % - *P. cactorum* (Carlson-Nilsson & Nilsson, 2004).

Ett annat sätt att förebygga smittan är kulturella åtgärder. Det är nödvändigt att välja jordgubbsodlingsfält med lämplig jordstruktur. Lättleror med mullhalt 4-5 % passar bra därför att de

är genomsläppliga och motverkar stående vatten på jordytan (Sidblad & Winter, 1990). Dåligt dränerade fält med återkommande översvämningar eller stående vatten är gynnsamma för jordburna *Phytophthora*-arter (Pettersson & Åkesson, 2011). Speciellt gäller det för *P. fragariae* som gynnas av relativt milda vintrar med kraftig nederbörd under hösten (Sundheim et al., 2010). Odling på upphöjda växtbäddar kan motverka zoosporernas möjlighet att nå plantornas underjordiska organ liksom odling i plasttunnlar reducerar angrepp på grund av nederbördsminskning (Sundheim et al., 2010).

Vatten för bevattning måste kvalitetskontrolleras då det kan innehålla smittämnen. Mest användbar i jordgubbsodlingar är droppbevattning, som även kan minska fungicidanvändningen (Olsson, 1996).

Jordburna smittämnen kan ackumuleras i jorden om jordgubbar odlas på samma fält en längre tid som perenna växter. Förekomst av *Phytophthora* i fältet ger risk för patogenangrepp då jordgubbar odlas flera år i rad utan avbrott. För att undvika problemet måste växtföljd tillämpas med 4 år mellan jordgubbskulturer på samma fält. Den rekommendationen gäller för både *P. fragariae* och *P. cactorum* (Sundheim et al., 2010).

4.9.2. Kemisk bekämpning

Vid ett stort angrepp av jordburna *Phytophthora* arter som har orsakat kronröta eller rödröta i konventionella odlingar kan kemisk bekämpning med fungicider vara användbar. Fungicider som används för bekämpning kan agera på två sätt: de minskar nya infektioner eller genom direkt påverkan på befintligt inokulat (Duncan, 1985). Duncan (1985) har i sitt försök om fungicidpåverkan på oosporer visat att fosetylaluminium kraftigt minskar levande oosporer i vatten, men inte fungerar på samma sätt på plantrötter, där kan några separata oosporer bevara sin vitalitet (Duncan, 1985). I marken kan inte fungiciden döda oosporer men den kan förebygga eller minska infektioner genom att förhindra oosporgroning och sporangiebildning (Duncan, 1985).

Fungicider bör uteslutas i bäddar för vegetativ förökning av små plantor eftersom fungicidrester på rotytorna kan dämpa sjukdomsförloppet och visa felaktigt resultat vid diagnostisering (Duncan, 1985; Olsson, 1996). Effekten av fungiciden fosetylaluminium är beroende av när den appliceras i

jorden och har koppling till växtsäsong, temperatur, markfuktighet och patogenens livscykel (Duncan, 1985; Eikemo et al., 2003). Fosetylaluminium är mest effektiv vid applicering i jorden på hösten innan nybildade jordgubbsrötter kan infekteras (Svensson, 1994). Olsson (1996) föreslog att jordgubbsplantor doppas i medlet före planteringen eller radsprutas i fältet på våren och efter skörden på sensommaren (Olsson, 1996).

I Sverige är fungiciden fosetylaluminium registrerat som Aliette 80 WG.

4.9.3. Resistenta jordgubbssorter

För att minska fungicidanvändningen kan resistenta jordgubbssorter vara en lösning.

Carlson-Nilsson och Nilsson (2004) har presenterat resultatet av sina studier om resistenta jordgubbssorter mot kronröta. De har visat att de mest motståndskraftiga sorterna är 'Bounty' och 'Senga Sengana' och de mest mottagliga är 'Polka', 'Korona' och 'Dania' (Carlson-Nilsson & Nilsson, 2004; Eikemo & Stensvand, 2015). Men det måste noteras att de jordgubbssorter som är resistenta mot en speciell patogen kan vara mottagliga för andra patogener (Sesan, 2006; Perez-Jiménez et al., 2012).

När det gäller *Phytophthora fragariae* finns det idag inte jordgubbssorter som är fullständigt resistenta mot patogenen och dess olika genetiska variationer eller raser (Van de Weg, 1997; Erwin & Ribeiro, 1996). *P. fragariae* angriper sorterna med varierande grad (Milholland et al., 1989). Sorter som odlas mycket, tex 'Elsanta', 'Elvira', 'Senga Sengana', 'Bounty', 'Dania' och 'Honeyoe' är samtliga mottagliga för *P. fragariae* (Sundheim et al., 2010).

4.9.4. Biologisk bekämpning

Tillsammans med kulturella åtgärder och kemisk bekämpning har användningen av biologisk bekämpning av jordburna patogener ökat betydligt. Två preparat, Mycostop och Binab TF anses ha effekten att påverka sjukdomsalstrande organismer (Alström, 2004).

Mycostop är ett *Streptomyces*-baserat biologiskt växtskyddspreparat och rekommenderas mot olika jordburna svampsläkten samt *Phytophthora* (Alström, 2004).

Binab TF är ytterligare ett växtskyddsmedel som innehåller *Trichoderma*-svamparter och enligt Alström (2004) kan användas mot rotrötter (Alström, 2004).

Emellertid visade studier som gjordes och utvärderades av Carlson-Nilsson och Nilsson (2004) att preparaten Binab TF och Mycostop inte har haft påverkan på infekterade jordgubbsplantor med kronröta (*P.cactorum*). Försök med rödröta tycktes inte vara aktuell (Carlson-Nilsson & Nilsson, 2004). Preparaten rekommenderades däremot för inducering av jordgubbsplantornas resistens mot patogener (Carlson-Nilsson & Nilsson, 2004).

Sammanfattningen av olika bekämpningsmetoder visar att ingen separat metod kan hämma eller minska sjukdomar. Metoderna måste kombineras för att ge positiva resultat (Sesan, 2004).

5. Diskussion

Frågorna som jag har tänkt att besvara i mitt arbete rör sig om släktet *Phytophthora*, tillhörande släktet arterna *P. fragariae* Hickman var. *fragariae* och *P.cactorum*, sjukdomar som orsakar dessa arter samt identifiering och bekämpningsåtgärder.

Gruppen skadliga organismer som hör till släktet *Phytophthora* är ett stort problem i svenska jordgubbsodlingar och leder ibland till betydliga skördeminskningar (Carlson-Nilsson & Nilsson, 2004). I den litteraturen som jag har läst och som finns med på referenslistan beskrivs att nästan alla arter i släktet är växtpatogener (Hickman, 1940; Erwin et al., 1963; Blackwell, 1942; Bain & Demaree, 1945; Duncan, 2002; Petersson & Åkersson, 2011).

För att inse hur stort är problemet som orsakas av patogenerna har jag läst litteraturen som omfattar en lång period från 1940-talet tills idag. Jag fick förståelsen att arter tillhörande släktet *Phytophthora* har ett komplex livscykel som hjälper dem att föröka och sprida sig i odlingarna. Det finns jordburna *Phytophthora*-arter som har en specifik patogenicitet och är svårbekämpade. Till sådana arter hör *Phytophthora fragariae* Hickman var. *fragariae* och *Phytophthora cactorum*. De orsakar rödröta (*P. fragariae* Hickman var. *fragariae*) och kronröta (*P. cactorum*) på

jordgubbsplantor. I Sverige anses sjukdomarna som mycket allvarliga (Carlson-Nilsson & Nilsson, 2004).

Rödröta har utbredning i många länder och sprider sig huvudsakligen genom infekterat plantmaterial (Carlson-Nilsson & Nilsson, 2004; Sundheim et al., 2010). När smittan kommer till marken, blir det mycket svårt att utrota den och det kan gå lång tid innan marken blir fri från smittan (Newton et al., 2010). Därför är det mycket viktigt att använda certifierat plantmaterial i jordgubbsodlingen.

Stor betydelse för patogenspridning och utveckling av sjukdomen har klimatförhållandena.

P. fragariae Hickman var. *fragariae* gynnas av temperaturer på 10-15 grader C och hög markfuktighet. Därför är det särskilt viktigt med patogenkontroll i länder med fuktigt och svalt klimat, inräknat Sverige. Om smittan redan har kommit i marken, börjar patogenen utvecklas och breder ut sig i fältet. Det sker vanligt på våren eller på hösten. Höga temperaturer, över 29 grader C, och jordtorkning avbryter sjukdomsutvecklingen. Patogenen maskeras då och det blir svårt att bestämma närvaro av *P. fragariae* i växtmaterial, men på hösten återkommer rödrötan (Sundheim et al., 2010). För att upptäcka infektionen och vidta åtgärder är det nödvändigt att övervaka fältet minst två gånger per år, på våren och på hösten.

Eftersom rotsystemet drabbas först och vattentransport till ovanjordiska organ blir problematisk, börjar jordgubbsplantorna torka in och kollapsa. Ett typiskt symptom för sjukdomen är rödfärgning av ledningsvävnader i rötterna (Hickman, 1940; Jensen, 1992; Pettersson & Åkersson, 2011). Ofta är visuella diagnoser av patogeninfektionerna på jordgubbsrötterna svåra och kan förväxlas med symptom orsakade av abiotiska faktorer (Carlson-Nilsson & Nilsson, 2004). Om man misstänker att smittan finns i odlingen kan en laboratorieanalys vara nödvändig. Carlson-Nilsson och Nilsson (2004) har indikerat att i dagsläget är det svårt att göra analys för att det inte finns någon statlig verksamhet för diagnostisering av växtpatogener. Odlarna kunde åtgärda problemet med patogenangrepp snabbare och effektivare om patogenanalys blev mer lättillgängligt.

Som har nämnts ovan, är det mycket svårt att neutralisera smittan i fältet. Därför används annuella odlingssystem i vissa västeuropeiska länder. Jordgubbar planteras på våren och efter skörden på hösten kasseras växterna (Pérez-Jiménez et al., 2012). Sesan (2006) rekommenderar ett annuellt system med plasttäckning och höstplantering (Sesan, 2006). Det kan vara skillnader på grund av

olika klimat i producentländerna. I Sverige, liksom Norge och Finland, används perenna odlingssystem. Detta kräver bra odlingsteknik; friskt plantmaterial, växtföljd (3-4 år), markdränering och kontroller i fält (Sundheim, 2010).

Inte bara friskt plantmaterial utan också växtföljd har en stor betydelse för att hålla smittan borta. I uppehållet mellan jordgubbskulturerna kan vitsenap (*Senapis alba*), råg (*Secale cereale*) och havre (*Avena sativa*) planteras. Detta kommer att bidra till en förbättring av jorden.

Det är också viktigt att utveckla nya odlingstekniker. Idag är odling av jordgubbar på friland kompletterad med odling i tunnlar som minskar vätan i marken och därmed rödrötans angrepp (Sundheim, 2010).

I en studie om svampsjukdomar i svenska jordgubbsodlingar som genomfördes i 2003 noterades förekomsten av *P. cactorum* i 18 % av alla 100 inventerade odlingar (83 konventionella och 17 ekologiska) och ett fall av rödröta. Det har visat sig att *P. cactorum* är ofta förekommande växtpatogen (Nilsson & Carlson-Nilsson, 2004). Vissna unga blad och dvärgväxt signalerar att jordgubbsplantan har problem. Vid sjukdomsutvecklingen blir bladkanterna torra och brunfärgade. Vanligen uppträder symptom i början av sommaren när temperaturökning på 17-29 grader C främjar kronrötans spridning och plantinfektioner (Sneh & McIntosh, 1973). Patogenen sprider sig i plantornas vävnader och orsakar röta i kronan som hindrar vattentransport till bladen. För att visuellt identifiera kronröta måste kronan genomskäras. Ett typiskt symptom är brunfärgning av kronans vävnader. Symptomen uppträder vanligtvis under fruktbildning på sommaren då hela plantan kan kollapsa och torka in (Carlson-Nilsson & Nilsson, 2004; Pettersson & Åkesson, 2011). På sommaren är det viktigt att kontrollera bevattning för att undvika torkstress och hålla plantorna friska och vitala. Detta minskar plantornas mottaglighet till smittan i odlingar.

Ett sätt att minska kronröta är att i odlingarna undvika mottagliga jordgubbssorter såsom 'Dania', 'Korona' och 'Polka' (Carlson-Nilsson & Nilsson, 2004).

Det måste noteras att *P. fragariae* och *P. cactorum* har liknande sätt att sprida sig och överleva en längre tid i marken. Därför används samma åtgärder för att förhindra eller reducera båda sjukdomarna i jordgubbsodlingar (Carlson-Nilsson & Nilsson, 2004).

För att hämma eller minska sjukdomsangrepp måste förebyggande och kulturella metoder tillämpas, såsom certifierat plantmaterial, fältövervakning, bra hygien för att minska risker för sjukdomsspridning, rätt odlingsplats med väl-dränerat och patogenfritt fält, upphöjda växtbäddar, lämplig växtföljd och rätt sortval med huvudsakligen motståndskraftiga jordgubbssorter i kombination med kemisk och biologisk bekämpning.

6. Slutsatser

Efter att jag har läst tillgängligt litteratur kring mitt arbete fick jag förståelsen om karaktär av *Phytophthora*-patogener och sjukdomar rödröta (*P. fragariae* Hickman var. *fragariae*) och kronröta (*P. cactorum*), deras spridning i odlingar och vilka åtgärder måste tillämpas för att undvika eller minska effekter av deras angrepp på jordgubbar. Jag hoppas kunna använda dessa kunskaper i praktiken i framtiden. Det jag önskar mig är att få mer information om sjukdomarna rödröta och kronröta och deras spridning i svenska jordgubbsodlingar samt om förädlingsarbete och resistent jordgubbssorter i Sverige. Det var svårt att hitta vid arbetsgången. Jag tror att idag måste mer insatser göras för vidare forskning om plantornas sortresistens samt för utveckling av diagnosmetoder och deras tillgänglighet för odlare.

7. Referenser

Alström, S.(2004). Biologisk bekämpning av sjukdomar i jordbruksgrödor. *Faktablad om växtskydd* 119J. http://www.slu.se/PageFiles/361336/Faktablad_om_vaxtskydd_119J.pdf [2016-02-19]

Anandhakumar, J., Zeller, W.(2005). Biological control of red core (*Phytophthora fragariae* var. *fragariae*) and crown rot (*Phytophthora cactorum*) disease of strawberry by bacterial antagonists. 2005 APS Annual Meeting. Abstracts of Presentations. *Phytopathology*, vol.95(6):4. <http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdfplus/10.1094/PHYTO.2005.95.6.S1> [2016-02-21]

Aronsson, F.(2010). Realtids-PCR I: Welinder-Olsson, C (red). *Referensmetodik: Molekylärbiologisk diagnostik*. http://referensmetodik.folkhalsomyndigheten.se/w/Referensmetodik:Molekyl%C3%A4rbiologisk_diagnostik#Inledning [2016-03-18]

Bain, H.F., Demaree, J.B.(1945). Red stele root disease of the strawberry caused by *Phytophthora fragariae*. *Journal of Agricultural Research*, vol.70, N1, Key N G-1317 <http://naldc.nal.usda.gov/naldc/download.xhtml?id=IND43969983&content=PDF>
[2016-02-10]

Blackwell, E (1942). The Life History of *Phytophthora cactorum* (Leb. and Cohn) Schroet. *Transaction of the British Mycological Society*, 1943, vol.26(1):71-89 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007153643800139?showall%3Dtrue%26via%3Dihub>
[2016-02-09]

Brasier, C.M., Hansen, E.M.(1992). Evolutionary biology of *Phytophthora*. Part II:Phylogeny, Speciation, and Population Struktüre, *Annual Review of Phytopathology*, vol.30:173-200 <http://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.py.30.090192.001133> [2016-02-02]

Browne, G.T.,and Bhat, R.G.(2011). *Phytophthora Crown and Root Rot*. California Strawberry Commission, 2011, issue 9.1 <https://calstrawberry1-web.sharepoint.com/Reports/ProductionGuidelines/Phytophthora%20Crown%20and%20Root%20Rot%20-%202011.pdf>
[2016-02-07]

Carlson-Nilsson, U., Nilsson, U.(2004). Kartläggning av jord- och plantburna svampsjukdomar i ekologiska jordgubbsodlingar, Dnr 25-5492/03. Fullständig slutredovisning. Institution för växtvetenskap, SLU <http://fou.sjv.se/fou/download.lasso?id=Fil-000806> [2016-02-11]

Celetti, M., Fisher, P.(15.07.2015). *Phytophthora crown of strawberries* <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/hort/news/hortmatt/2015/15hrt15a6.htm> [2016-02-11]

Cooke, D.E.L., Duncan, J.M., Uncles, S.(1995). Diagnosis and detection of *Phytophthora fragariae* in raspberry and strawberry. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, vol.25:95-98 <https://www.deepdyve.com/lp/wiley/diagnosis-and-detection-of-phytophthora-fragariae-in-raspberry-and-fgRVOftshA> [2016-02-10]

Darrow, G.M.,(1966). *The Strawberry.History, Breeding and Physiology* https://specialcollections.nal.usda.gov/speccoll/collectionsguide/darrow/Darrow_TheStrawberry.pdf
[2016-02-17]

Distribution of hosts *Phytophthora cactorum* http://www.phytophthoradb.org/file/html_fppd/phytophthora/cactorum/Table_4.htm [2016-02-11]

Duncan, J.M. (1985). Effect of temperature and other factors on in vitro germination of *Phytophthora fragariae* oospores. *Transactions of the British Mycological Society*, vol.85(3): 455-462, http://ac.els-cdn.com/S0007153685800401/1-s2.0-S0007153685800401-main.pdf?_tid=b1ee16c0-de0e-11e5-a78b-00000aacb361&acdnat=1456659220_2380c110f0c9c25f41e0fc1675fe4568 [2016-02-15]

Duncan, J.M.(1985). Effect of fungicides on survival, infectivity, and germination of *Phytophthora fragariae* oospores. *Transactions of the British Mycological Society*, vol.85(4): 585-593, http://ac.els-cdn.com/S0007153685802515/1-s2.0-S0007153685802515-main.pdf?_tid=66be523e-d416-11e5-94a4-00000aab0f27&acdnat=1455563018_6f1b07f576535cbd43f2b23e92d78a2e [2016-02-15]

Duncan, J.M.(1990). *Phytophthora* species attacking strawberry and raspberry. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, vol.20(1): 107-115, <https://www.deepdyve.com/lp/wiley/phytophthora-species-attacking-strawberry-and-raspberry-7xgS5BAVws?shortRental=true> [2016-02-12]

Duncan, J.M.(2002). Prospects for Integrated Control of *Phytophthora* diseases of strawberry. *Acta Horticulturae*, 2002, vol.2 (567): 603-610.

Duncan, J.M., Cooke, D.E.L., Seemüller, E., Bonants, P. and Olsson, C. (2000). European collaboration eliminating *Phytophthora fragariae* from strawberry multiplication. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* vol.30: 513-517, <http://onlinelibrary.wiley.com/store/10.1111/j.1365-2338.2000.tb00939.x/asset/j.1365-2338.2000.tb00939.x.pdf?v=1&t=il6hfmh&s=9fc30038740b04d3764b983cd90e18d211e64378> [2016-02-28]

Duniwaj, J.M.(2004). Management of soilborne of strawberry. <http://aggie-horticulture.tamu.edu/syllabi/608/Lists/second%20ed/FragariaXananassa.pdf> [2016-02-14]

Eikemo, H., Stensvand, A.(2015). Resistance of strawberry genotypes to leather rot and crown rot caused by *Phytophthora cactorum*. *European Journal of Plant Pathology*, vol.143(2):407-413 <http://download.springer.com/static/pdf/756/art%253A10.1007%252Fs10658-015-0685-9.pdf?originUrl=http%3A%2F%2Flink.springer.com%2Farticle%2F10.1007%2Fs10658-015-0685-9&token2=exp=1455473112~acl=%2Fstatic%2Fpdf> [2016-02-14]

EPPO (1987) *Phytophthora cactorum* on strawberry. Guideline for the biological evaluation of fungicides. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* vol.17(102):401-406 <https://www.deepdyve.com/lp/wiley/phytophthora-cactorum-on-strawberry-0ud6lNfbUx?shortRental=true> [2016-02-25]

EPPO (1998) EPPO Standards. Strawberry PP2/9(1) http://www.furs.si/law/eppo/ffs/eng/pp2/pp2-09-e_jagode.pdf [2016-03-17]

EPPO (2015) EPPO Standards 2015. EPPO A1 and A2 Lists of pests recommended for regulation as quarantine pests (2015) <https://gd.eppo.int/taxon/PHYTFR/documents> [2016-02-12]

EPPO (2015) EPPO A 2 List of pest recommended for regulation as quarantine pests (2015) <http://www.eppo.int/QUARANTINE/listA2.htm> [2016-02-16]

EPPO (2016) EPPO Global Database. *Phytophthora rubi* <https://gd.eppo.int/taxon/PHYTFU> [2016-02-18]

Erwin, D.C., Ribeiro, O.K. (1996). *Phytophthora Diseases Worldwide*. APS Press St. Paul, Minnesota.

Fragaria x ananassa. GenomDatabase for Rosaceae. http://rosaceae.org/species/fragaria/fragaria_x_ananassa [2016-02-15]

Gränsbo, G.(1984) Containment and Eradication of *Phytophthora fragariae* in Sweden, *EPPO Bulletin*, vol.14(3): 349-351
<https://www.deepdyve.com/lp/wiley/containment-and-eradication-of-phytophthora-fragariae-in-sweden-1-VukgXOgxiX> [2016-02-15]

Hansen, E.M., Reeser, P.W., Sutton, W. (2012). *Phytophthora* Beyond agriculture. *Annual Review of Phytopathology*, vol.50: 359-378
<http://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev-phyto-081211-172946> [2016-02-20]

Hickman, C.J. (1940). The red core root disease of the strawberry caused by *Phytophthora fragariae*. Abstract. *Journal of Pomology*, vol.18(2):89-118 <http://www.cabdirect.org/abstracts/19401101337.html;jsessionid=A2FB6D3C2C77F8BF77FFA1685AE38F91?freeview=true> [2010-02-10]

Jensen, K.(1992). *Phytophthora* på jordgubbar. *Viola*, 1992, N15: 9.

Jordgubbe *Fragaria x ananassa* (Weston) Decne and Naudin (2011-08-26) <http://linnaeus.nrm.se/flora/di/rosa/fraga/fragana.html> [2016-02-17]

Khanizadeh, S., Buszard, D. (1982). Caution Required in Distribution of Plants of Red Stele (*Phytophthora fragariae* Hickman) - Resistant Strawberries. *HortScience*, vol.27(8):870-871 <http://hortsci.ashspublications.org/content/27/8/870.full.pdf> [2016-02-28]

Kroon, L.P.N.M., Brouwer, H., de Cock, A.W.A.M., and Govers, F. (2012). The Genus *Phytophthora* anno 2012, *Phytopathology*, vol.102: 348-364 <http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdfplus/10.1094/PHYTO-01-11-0025> [2016-02-12]

Law, T.F., Milholland, R.D. (1991). Production of Sporangia and Oospores of *Phytophthora fragariae* in Roots of Strawberry Plants. *Plant Disease*, vol.75(5): 475-478 https://www.apsnet.org/publications/PlantDisease/BackIssues/Documents/1991Articles/PlantDisease75n05_475.PDF [2016-02-28]

Louws, F., and Ridge, G. (2014-07-24). *Phytophthora* Crown Rot of Strawberry <http://content.ces.ncsu.edu/phytophthora-crown-rot-of-strawberry> [2016-02-12]

Louws, F. *Phytophthora* Crown Rot: Widespread in 2004 http://www.smallfruits.org/SRSFC_News/Phytophthora0404 [2016-02-12]

Malajczuk, N (1983). Microbial antagonism to *Phytophthora*. I: Ervin, D.C., Bartnicki-Garcia, S., and Tsao, P.H., (red.) *Phytophthora, its biology, taxonomy, ecology, and pathology*, 198-218. The American Phytopathological Society, 1983, St. Paul, Minnesota.

Milholland, R.D., Cline, W.O., Daykin, M.E. (1989). Criteria for identifying pathogenic races of *Phytophthora fragariae* on selected strawberry genotypes. *Phytopathology*, vol.79(5): 535-538 https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1989Articles/Phyto79n05_535.PDF [2016-02-10]

Newton, A.C., Duncan, J.M., Augustin, N.H., Guy, D.C. and Cooke D.E.L (2010). Survival, distribution and genetic variability of inoculum of the strawberry red core pathogen *Phytophthora fragariae* var. *fragariae*, in soil. *Plant Pathology*, vol.59: 472-479 <http://onlinelibrary.wiley.com/store/10.1111/j.1365-3059.2010.02273.x/asset/j.1365-3059.2010.02273.x.pdf?v=1&t=il6ifo2w&s=f75fd9492f85bdaea357eb89c85746a432cf9b18> [2016-02-12]

Nilsson, U., Carlson-Nilsson, U. (2004). Jord- och plantburna svampsjukdomar i svenska jordgubbsodlingar. SLF Rapport, SLU http://www.vaxteko.nu/html/sll/stiftelsen_lantbruksforskning/rapport_slf/RSLF68/RSLF68BG.PDF [2016-02-20]

Olsson, C.H.B.(1996). *Control of Phytophthora diseases in raspberry and strawberry plants through early detection by DAS ELISA technique*. Christer H.B. Olsson. Uppsala: SLU

Perez-Jimenéz, R.M., De Cal, A., Melgarijo, P., Cubero, J., Soria, C., Zea-Bonilla, T., Larena, I. (2012). Resistance of several strawberry cultivars against three different pathogens. *Spanish Journal of Agricultural Research*, vol.10(2):502-512 <http://revistas.inia.es/index.php/sjar/article/download/1960/1652> [2016-02-14]

Persson, J.(2013-06-20). Dessa kära, svenska jordgubbar - odlad areal år 2013.<https://jordbruketisiffror.wordpress.com/2013/06/20/dessa-kara-svenska-jordgubbar/> [2016-02-25]

Pettersson, Maj-Lis. Åkesson, Ingrid.(2011). *Trädgårdens växtskydd*. Stockholm: Natur och kultur.

Phytophthora spp Pocket Diagnostic Datasheet. <https://www.pocketdiagnostic.com/wp-content/uploads/2014/08/CCID01-PD005-Phytophthora-Datasheet.pdf> [2016-02-12]

Phytophthora fragariae. Data Sheets on Quarantine Pests https://www.eppo.int/QUARANTINE/data_sheets/fungi/PHYTFR_ds.pdf [2016-02-18]

Phytophthora fragariae–Q-Bank.www.q-bank.eu>Fungi>BioloMICS [2016-02-18]

Phytophthora crown of strawberries. <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/hort/news/hortmatt/2015/15hrt15a6.htm> [2016-02-06]

Pohto, A.(1999). Survey for *Phytophthora fragariae* var. *fragariae* in Finland. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, vol. 29:159-162 <https://www.deepdyve.com/browse/journals/eppo-bulletin/1999/v29/i1-2?page=3> [2016-02-10]

Pscheidt, J.W., and O'camb, C.M.(2016). Diagnosis and Control of Phytophthora Diseases <http://pnwhandbooks.org/plantdisease/node/1800/print> [2016-02-15]

Realtids-PCR <http://referensmetodik.folkhalsomyndigheten.se/w/Realtids-PCR> [2016-03-03]

Ribeiro, O.K.(1983). Physiology of Asexual Sporulation and Spore Germination In *Phytophthora I*: Ervin, D.C., Bartnicki-Garcia, S., and Tsao, P.H.,(red). *Phytophthora, its biology, taxonomy, ecology, and pathology*, 55-70. The American Phytopathological Society, St.Paul.Minnesota.

Rossman, A.Y., Palm M.E.(2006). Why are Phytophthora and other Oomycota not true Fungi?<http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/PathogenGroups/Pages/Oomycetes.aspx> [2016-02-25]

Roy, S.G., and Grünwald, N.J.,(2014). The Plant Destroyer Genus *Phytophthora* in the 21st Century. *Review of Plant Pathology*, vol.6:378-412 http://grunwaldlab.cgrb.oregonstate.edu/sites/default/files/12_0.pdf [2016-02-08]

Rytkönen, A.(2011). *Phytophthora* in Finnish nurseries. Academic dissertation ISBN 978-951-651-364-8 (PDF) <http://www.metla.fi/dissertationes/df137.pdf> [2016-02-07]

Scientific Opinion on the risks to plant health posed by *Phytophthora fragariae* Hickman var. *fragariae* in the EU territory, with the identification and evaluation of risk reduction options, EFSA Panel on Plant Health (PLH) (2014) *EFSA Journal* vol.12(1):3539. http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/scientific_output/files/main_documents/3539.pdf#page11

Seijo, T., Mertely, J., Oliveira, M.(2012). *Phytophthora* crown rot of strawberry: Cultivar resistance and chemical and cultural control. 2012 APS Annual Meeting. Abstracts of Presentations. *Phytopathology*, vol.102(supplement 4) N7, s.4.107 <http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdfplus/10.1094/PHYTO-102-7-S4.1> [2016-02-09]

Sesan, T.E.(2006). Integrated control of strawberry diseases. *Phytopathol. Pol.* vol.39:133-148 The Polish Phytopathological Society, Poznan, ISSN 1230-0462, http://www.up.poznan.pl/~ptfit1/pdf/PP39a/PP_39_133-148.pdf [2016-02-15]

Sidblad, S., Winter, C. (1990). Att odla jordgubbar http://www.vaxteko.nu/html/sll/sjv/tradg_radg_inform/ODL20/ODL20.HTM [2016-02-29]

Sneh, B., McIntosh, D.L.(1973). Studies on the behavior and survival of *Phytophthora cactorum* in soil. *Canadian Journal of Botany*, 1974, vol.52, nr.3 ss.795-802

Strawberry Varieties (2016). <http://strawberryplants.org/2010/05/strawberry-varieties/> [2016-02-17]

Stensvand, A., Herrero, M.L.(1997). Presence of *Phytophthora fragariae* var. *fragariae* in Norway. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, vol.27, N2/3. <https://www.deepdyve.com/browse/journals/eppo-bulletin/1997/v27/i2-3> [2016-02-10]

Stensvand, A., Herrero, M.,L., Talgo, V. (1999). Crown rot caused by *Phytophthora cactorum* in Norwegian strawberry production. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, vol.29:155-158 <http://onlinelibrary.wiley.com/store/10.1111/j.1365-2338.1999.tb00809.x/asset/j.1365-2338.1999.tb00809.x.pdf?v=1&t=ikmryy1k&s=b98564c55f80f3d7ff8487e0b051b46680048cca> [2016-02-14]

Sundheim, L., Sletten, A., Rafoss, T., Stensvand, A. (2010). Pest risk assessment of *Phytophthora fragariae* in Norway. Opinion of the Plant Health Panel of the Scientific Committee for Food Safety, 09/905-2_final, ISBN 978-82-8259-003-7 (Electronic edition). 54 pp. VKM, Oslo, Norway. www.vkm.no [2016-02-01]

Svensson, B. Angrepp på bär. *Faktablad om växtskydd. Trädgård*, 1994, 120T, Råanna, SLU/InfoVäxter. http://www.vaxteko.nu/html/sll/slu/faktablad_tradgard/FVT120/FVT120.HTM [2016-03-18]

The Top5 Strawberry Producing Countries <https://top5ofanything.com/list/35769269/Strawberry-Producing-Countries> [2016-02-02]

Trädgårdsproduktion 2014. Statistiska meddelanden JO 33 SM 1501 <http://www.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/Amnesomraden/Statistik,%20fakta/Tradgardsodling/JO33/JO33SM1501/JO33SM1501.pdf> [2016-02-25]

Van de Weg, W.E. (1997). *Gene-for-gene relationships between strawberry and the causal agent of red stele roor rot, Phytophthora fragariae var. fragariae*. Ponsen & Looijen BV, Wageningen.

Zentmyer, G.A. (1983). The World of *Phytophthora I*: Ervin, D.C., Bartnicki-Garcia, S., and Tsao, P.H., (red.) *Phytophthora, its biology, taxonomy, ecology, and pathology*, 1-7. The American Phytopathological Society, 1983, St. Paul, Minnesota.

Wilcox, W.F., Scott, P.H., Hamm, P.B., Kennedy, D.M., Duncan, J.M., Brasier, C.M., and Hansen, E.M. (1993). Identity of a *Phytophthora* species attacking raspberry in Europe and North America. *Mycological Research*, vol.97(7):817-831 http://ac.els-cdn.com/S095375620981157X/1-s2.0-S095375620981157X-main.pdf?_tid=7413725a-d60c-11e5-b500-00000aacb35f&acdnat=1455778648_0e80b14d07960274da00126cbbc56785 [2016-02-17]

Winter, C., Mandric, S. (2013.10.25). Risk och konsekvensanalys för jordgubbar–svampar och bakterier <https://www.jordbruksverket.se/download/18.1b8a384c144437186ea4fc5/1393405863463/Risk-+och+konsekvensanalys+f%C3%B6r+jordgubbar+-+svampar+och+bakterier.pdf> [2016-02-08]

Winterbottom, C., Westerlund, F., Mircetich, J., Galper, L. (1998). Evaluation of relative resistance of different strawberry cultivars to *Phytophthora* and *Verticillium dahliae* as a potential alternative to methyl bromide. [http://www.crec.ifas.ufl.edu/extension/soilipm/1997%20MBAO/C.%20Winterbottom/C.%20Winterbottom%20\(33\)%201997%20Presentation.pdf](http://www.crec.ifas.ufl.edu/extension/soilipm/1997%20MBAO/C.%20Winterbottom/C.%20Winterbottom%20(33)%201997%20Presentation.pdf) [2016-02-07]